

-42 kg Phase I Pkw

-99 kg Phase II LNF

© Initiative Massiver Leichtbau

Initiative Massiver Leichtbau Phase II: Leichtbaupotenziale für ein leichtes Nutzfahrzeug

Bei einem Mittelklasse-Pkw lassen sich durch Massivumformung 42 kg Gewichtsersparnis bei Antriebsstrang- und Fahrwerksbauteilen erzielen. Wie sieht es für ein leichtes Nutzfahrzeug mit 2394 kg aus? Die Initiative Massiver Leichtbau ging dieser Frage nach und zeigt in ihren Untersuchungen, dass durch alternative Stahlwerkstoffe, Schmiedeauslegung und Leichtbaukonzepte eine Gewichtseinsparung von 99 kg identifiziert werden kann.

ERSTE PHASE MIT PERSONENKRAFTFAHRZEUG

Die Initiative Massiver Leichtbau wurde 2013 von 15 Unternehmen der Massivumformung und neun Stahlherstellern unter der Federführung des Industrieverbands Massivumformung e. V. (IMU) und des Stahlinstituts VDEh ins Leben gerufen. In der ersten Phase wurde ein Mittelklasse-Personenkraftfahrzeug analysiert und ein Leichtbaupotenzial von 42 kg für Bauteile des Antriebsstrangs und des Fahrwerks identifiziert [1].

Aufgrund des großen Interesses der Kunden am Ergebnis und angetrieben durch die intensive Kooperation der beiden beteiligten Branchen wurde entschieden, 2015 die zweite Phase zu lancieren, die sich nun auf das Leichtbau-

AUTOREN



Dr.-Ing. Hans-Willi Raedt
ist Vice President Advanced Engineering bei der Hirschvogel Automotive Group in Denklingen.



Dipl.-Ing. Frank Wilke
ist Vizepräsident Technische Kundenberatung bei den Deutschen Edelstahlwerken in Siegen.



Dr.-Ing. Christian-Simon Ernst
ist Senior Engineer bei der fka Forschungsgesellschaft Kraftfahrwesen mbH Aachen.

potenzial eines leichten Nutzfahrzeugs konzentriert. Die zweite Phase brachte 17 Umformunternehmen, zehn Stahlhersteller und einen Ingenieurdienstleister zusammen, **BILD 1**.

LEICHTBAUPOTENZIALE IN EINEM LEICHTEN NUTZFAHRZEUG

In der zweiten Phase der Initiative wurde untersucht, wie ein leichtes Nutzfahrzeug (LNF) durch Schmiedekomponenten leichter gemacht werden kann. Im Gegensatz zu Personenwagen wächst das Gewicht von LNF immer noch mit jeder Fahrzeuggeneration an. Ebenso wie beim Pkw wird allerdings auch beim LNF eine Reduzierung der CO₂-Emission vorgegeben. Die Gesamtbetriebskosten werden kritischer betrachtet als bei Pkw – Auswirkungen eines Leichtbaus wie das Senken des Kraftstoffverbrauchs beeinflussen die Kaufentscheidung stärker [2]. Schließlich erlaubt ein geringeres Fahrzeuggewicht den Transport einer größeren Nutzlast, was ebenfalls ein ent-

scheidender Faktor für die Kaufentscheidung gewerblicher Fahrzeughalter sein könnte.

1,44 Millionen leichte Nutzfahrzeuge (bis zu 3,5 t zulässiges Gesamtgewicht) wurden 2013 in der EU verkauft. Hier fordert die Gesetzgebung, den CO₂-Ausstoß um 13 % zu reduzieren, um bis zum Jahr 2020 einen CO₂-Wert von 182 g/km zu erreichen. Das für die Leichtbaupotenzialanalyse ausgewählte Fahrzeug ist sehr repräsentativ für diese Klasse. Das Fahrzeug verfügt über einen 2,1-l-Vierzylinder-Dieselmotor mit 120 kW Leistung, ein Sechsgang-Handschaltgetriebe und Heckantrieb und ist damit die meistverkaufte Variante. Die Gesamtmassebilanz für die Domänen Antriebsstrang und Fahrwerk, aber auch Karosserie, Innenraum und Elektronik sowie das Spektrum der angewandten Herstellprozesse sind in **BILD 2** dargestellt.

Das Verfahren, Leichtbaupotenziale zu generieren, entsprach dem der Phase I der Initiative Massiver Leichtbau [1]. Nachdem ein repräsentatives Modell für dieses Anwendungssegment gefunden wurde, wurde das Fahrzeug (neueste Generation) gekauft (Alter: 12 Monate, Kilometerstand: 23.000 km) und anschließend demontiert. In der Folge fanden zwei Hands-on-Workshops statt, um alle 2536 Bauteile zu analysieren und Leichtbaupotenziale zu erarbeiten. Die Ideen wurden nach Gewichtersparnispotenzial, möglichem Einfluss auf die Herstellkosten und schließlich nach dem Schwierigkeitsgrad einer möglichen Umsetzung klassifiziert.

DREI IDEENGRUPPEN FÜR LEICHTBAUPOTENZIALE

Insgesamt wurden 535 Ideen für Leichtbaupotenziale generiert, die sich auf Komponenten aus gewalztem Langmaterial beziehen (Massivumformteile, Schrauben, Muttern, Rohre oder Federn). Mit den Klassifizierungsdaten, die jeder Idee zugeordnet wurden, lässt sich einfach ein Überblick zur sinnvollen Priorisierung der Leichtbauvorschläge anfertigen. Die Ideen werden in drei Gruppen, A, B und C, in eine Portfolio-Grafik eingeteilt, **BILD 3**. Auf der horizontalen Achse werden Ideen je nach Kostenauswirkung und Umsetzungspotenzial (mit einer Gewichtung von 2:1) dargestellt. Die vertikale Achse zeigt die Höhe des Leichtbaupotenzials.

Die erste Gruppe der Ideen A in **BILD 3** beinhaltet die „schnellen Erfolge“. Diese Ideen sollten schnell und mit hoher Priorität verfolgt werden. Sie bieten Gewichtsreduzierung ohne oder mit nur geringen Mehrkosten und ihre Umsetzung stellt gleichzeitig wenig bis keine Schwierigkeit dar. Die Initiative Massiver Leichtbau möchte jedoch betonen, dass dies nicht als Kritik jeglicher Art an den Konstrukteuren des Fahrzeugherstellers missverstanden werden darf. Diese Ideen repräsentieren Vorschläge, um den aktuellen Stand der Technik der Schmiede- und Werkstofftechnik (vor allem moderne Stahllösungen) zur Unterstützung des Megatrends „Leichtbau“ zu realisieren.

Die zweite Gruppe B in **BILD 3** umfasst die Ideen mit ausgeglichenem Leichtbau-



BILD 1 Die Initiative Massiver Leichtbau – Phasen I und II sowie Forschungsprojekt (Status im Winter 2015) (© Initiative Massiver Leichtbau)

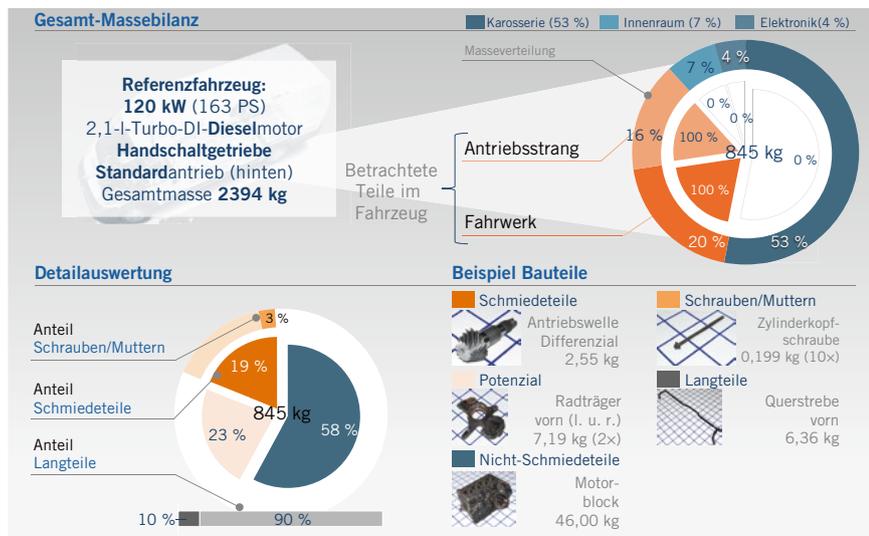


BILD 2 Gesamt-Massebilanz speziell für die Domänen Antriebsstrang und Fahrwerk sowie Herstellprozesse für das untersuchte leichte Nutzfahrzeug (© Initiative Massiver Leichtbau)

potenzial. Sie bieten Gewichtseinsparungen zu erhöhten Kosten und benötigen größeren Umsetzungsaufwand. Es ist zu beachten, dass diese Aufwände mit anderen Leichtbauoptionen am Fahrzeug, welche derzeit die Schlagzeilen beherrschen (CFK, Stahlblech, Kunststoff) eingehend verglichen werden müssen. Die Massivumformung ist eine anerkannte Technik und bietet bessere Leichtbaukosten pro Kilogramm eingespartem Gewicht als viele andere Fertigungsverfahren – wenn man ihr die entsprechende Aufmerksamkeit gewährt, was eines der Hauptziele der Initiative Massiver Leichtbau ist.

Die dritte Gruppe C in **BILD 3** ist die Klasse der „harten Nüsse“. Hierbei steigen Kosten und Aufwand für eine Leichtbaumaßnahme stärker an.

IN SUMME 99 KG ERSPARNIS MÖGLICH

Für das gesamte Fahrzeug wurde ein Leichtbaupotenzial von 99 kg durch alternative Werkstoffe, Leichtbauschmiedeauslegung und Leichtbaukonzepte identifiziert. Die auf Stahl beruhenden Leichtbaupotenziale liegen bei 65 kg. Da dieses Fahrzeug einen höheren Anteil an eisenbasierten Lösungen aufweist (zum Beispiel Eisengussteile) als der in Phase I analysierte Pkw, bedeuten die auf Nichteisenmetallen basierenden Ideen ein weiteres Leichtbaupotenzial von 34 kg.

Bei Anwendung der besten Leichtbauideen würde sich das Gewicht von Antriebsstrang und Fahrwerk in diesem Fahrzeug um 11,7 % reduzieren lassen.

MATERIAL AN UNWICHTIGEN STELLEN WEGNEHMEN

Viele gestalterische Ideen mit Leichtbaupotenzial wurden als CAD-Modell dargestellt. Dies ermöglicht die vergleichsweise exakte Berechnung der Gewichtspotenziale. Abhängig von der Kompetenz des Konsortium-Mitglieds wurde die Leichtbauidee sogar in FEM-Programmen simuliert, um ihre Validität zu bestätigen. Ähnlich wie bei Phase I [1] wurden Gewichtseinsparungen in erster Linie dadurch erreicht, dass Material an Stellen weggewonnen wurde, an denen es nicht benötigt wird. Die Gestaltungsmöglichkeit der Massivumformtechnik wurde besser ausgenutzt.

Zweitens wurden Stähle mit höherer Leistungsfähigkeit für Leichtbauanwendungen vorgeschlagen. An ausgewählten Komponenten ermöglichten Aluminiumlegierungen an Stelle von Gusseisen oder stahlblechbasierten Komponenten bemerkenswerte Gewichtseinsparungen. Die wirtschaftliche Machbarkeit dieser Vorschläge muss, wie in allen Fällen, eingehend überprüft werden. Schließlich erfüllten einige konzeptionelle Ideen die vorgegebenen funktionellen Anforderungen an die Bauteile und Teilsysteme mit weniger Gewicht. Das breite Spektrum

an Ideen kann in der umfangreichen Übersichtspräsentation [3] der Initiative Massiver Leichtbau eingesehen werden.

STÄRKERE STÄHLE FÜR LEICHTERE GETRIEBE

Die Notwendigkeit, Gewicht zu reduzieren, nimmt in der gesamten Automobiltechnik zu. Die Initiative Massiver Leichtbau erachtet es folglich als sinnvoll, das Verhältnis zwischen höheren Kosten für Hochleistungsstähle und der möglichen daraus resultierenden Gewichtseinsparung für Getriebe zu untersuchen. Hierzu wurde eine Getriebeentwicklungs-Studie am Institut für Produktentwicklung (IPEK) des Karlsruher Instituts für Technologie (KIT) in Auftrag gegeben.

Die Daten eines LNF-Handschaltgetriebes wurden in einer MS-Excel-Tabelle abgebildet, **BILD 4**. Dieses Getriebegehaltungsmodell berücksichtigt Zahnflankenbelastung, Zahnfußbelastung, Drehmomentübertragungskapazität durch Schrumpferverbände und Ermüdung durch Torsion des mittellegierten Einsatzhärtestahls, der für dieses Getriebe verwendet wird. Basierend auf festgelegten Eingangswerten (Motorleistung, -drehmoment und Fahrzeuggeschwindigkeit) und der Getriebe-topologie ist es nun möglich, „Pittingwiderstand“ und Zahnfußdauerfestigkeit zu variieren. Abhängig vom Anstieg dieser Festigkeitseigenschaften kann das Modell Einsparungen in Systemgewicht und -größe voraussagen, **BILD 4**. Die Verringerung der Größe von Zahnrädern und Wellen wird direkt berücksichtigt. Ein zusätzlicher Programmschritt berechnet die Gewichtseffekte des schrumpfenden Getriebegehäuses.

Um nun den Kostenanstieg durch leistungsstärkere Stahlwerkstoffe mit der möglichen Gewichtseinsparung in Relation zu setzen, wurden Festigkeitskennwerte für einen höherlegierten Stahl in das Getriebemodell eingegeben. Dies führte zu Gewichtseinsparungsvorausagen von 2,45 kg. Um das Handschaltgetriebe aus hochlegiertem Stahl herzustellen, müssten circa 21 kg der Wellen und Zahnräder durch höherlegierten Stahl gefertigt werden. Dieser Stahl weist einen erhöhten Materialpreis auf (Basispreis und Legierungszuschlag). Unter der Annahme, dass das Einsatzgewicht der Schmiedekomponenten im gleichen

Maß um 2,45 kg sinkt, beträgt der Gesamtkostenanstieg des Leichtbaugesetriebes lediglich 2 Euro.

Folglich ist eine Gewichtsersparnis von 2,45 kg zu Mehrkosten von weniger als 1 Euro pro kg Gewichtseinsparung erreichbar. Die Gewichtsreduzierung durch Einsatz leistungsstärkerer Stähle in Getriebeanwendungen stellt somit eine sehr kosteneffektive Leichtbaumaßnahme dar. Dies ist nicht nur auf Getriebe anwendbar, sondern auf sämtliche Systeme, in denen Zahnräder in Eingriff stehen (Differenziale, Verteilergetriebe etc.). Zudem zeigt das Getriebemodell, dass weitere Gewichtseinsparungen durch noch höhere Festigkeitswerte möglich sind.

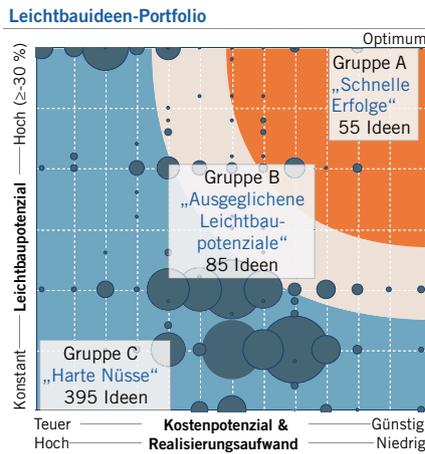
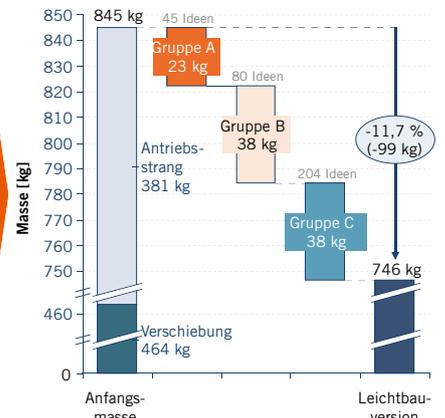


BILD 3 Portfolio-Grafik: Überblick über die drei Gruppen von Ideen A, B und C für Leichtbaupotenziale und ihre Auswertung im Sinne der Gewichtsersparnis (© Initiative Massiver Leichtbau)

Portfolio-Auswertung



ÖKONOMISCHE LEICHTBAULÖSUNGEN

Die Initiative Massiver Leichtbau demonstriert anhand von inzwischen zwei unterschiedlichen Fahrzeugen (Personenkraftwagen und leichtes Nutzfahrzeug), dass moderne Massivumformtechnik und Umformwerkstoffe, insbesondere hochfeste Stähle, einen entscheidenden Beitrag zu ökonomischen Leichtbaulösungen in der Automobilindustrie leisten können. In Phase II wurde die Bedeutung und Leistungsfähigkeit hochwertiger Stähle in Getriebeanwendungen intensiv hervorgehoben.

Das öffentlich geförderte Projekt „Massiver Leichtbau“ wird noch weitere Leichtbaupotenziale eröffnen. Eine Kernerkenntnis behält aber ihre Gültigkeit: Nur über gute Kommunikation wird die optimale

Abstimmung von Bauteilgestaltung, Werkstoff und Fertigungstechnik möglich, die zur Entwicklung von Leichtbaulösungen hoher Qualität für die Massenproduktion zu wettbewerbsfähigen Kosten führt.

ZUSAMMENFASSUNG

Die Initiative Massiver Leichtbau erarbeitete in ihrer ersten Phase ein Leichtbaupotenzial von 42 kg bei Antriebsstrang- und Fahrwerksbauteilen eines Mittelklasse-Pkw. Diese erfolgreiche Kooperation wurde in Phase II an einem leichten Nutzfahrzeug fortgesetzt. Hierzu zerlegte das fka ein Fahrzeug und dokumentierte jedes Bauteil. Hands-on-Workshops generierten Material-, Schmiede- und konzeptionelle Leichtbaupotenziale. Zusätzlich wurden

die Kosten der Gewichtsreduzierung durch den Einsatz leistungsfähigerer Getriebebestände im Rahmen eines Getriebe-Design-Projekts quantifiziert.

LITERATURHINWEISE

- [1] Raedt, H.-W.; Wilke, F.; Ernst, C.-S.: Initiative Massiver Leichtbau – Leichtbaupotenziale durch Massivumformung. In: ATZ 116 (2014), Nr. 3, S. 58-64
- [2] Ernst, C.-S.; Busse, A.; Göbbels, R.: Massiver Leichtbau 2.0: Leichtbaupotenziale massivumgeformter Komponenten im leichten Nutzfahrzeug (LNF). fka, Initiative Massiver Leichtbau, interne Präsentation, Aachen, 19. März 2015
- [3] Industrierband Massivumformung e. V. (Hrsg.): Zwei Branchen – ein Ziel. Online: www.massiver-leichtbau.de. Letzter Aufruf am 18. Dezember 2015



READ THE ENGLISH E-MAGAZINE

Test now for 30 days free of charge: www.atz-worldwide.com



BILD 4 Das Getriebegeplungsmodell berücksichtigt neben der Gewichtsoptimierung des Radsatzes auch Gewichtsnebeneffekte des schrumpfenden Getriebegehäuses (© Initiative Massiver Leichtbau)